北京市主城区城市森林景观格局特征分析

佟济宏，王新杰*，汪锦，傅锋

（省部共建森林培育与保护教育部重点实验室（北京林业大学），北京 100083）

摘要：城市森林是城市生态文明建设的重要组成部分。本文以北京市五环内城市森林为研究对象，以 2016 年 9 月 16 日的 GF-2 遥感影像为数据源，依据景观和生态服务功能将城市森林划分为附属庭院美化林、道路河流防护林、城区公园休闲林和城市郊野游憩林四个类型，运用面向对象法提取不同类型城市森林数据信息，制作生成专题图。运用 Fragstats4.2 软件对景观斑块数量和构成、破碎度指数、分维数、辛普森多样性指数、辛普森均匀度指数、聚合指数等指标进行计算。结果表明高分影像在城市森林信息提取上具有优势，分类总体精度高达 90.36%，Kappa 系数达 0.88；北京主城区城市森林总面积 22 514.79 hm^2，林木覆盖率为 32.35%；城市森林斑块分布不均，大型、特大型斑块数量占总数比例 13.62%，但面积占比高达 73.20%，中小斑块的生态价值有待挖掘；不同城市森林类型特征存在差异，附属庭院美化林和道路河流防护林为优势景观类型，但两者破碎度高，聚合度差，分布零散，城区公园休闲林和城市郊野游憩林面积占比相对较小，南部城区公园建设薄弱；城市森林景观指数随城市拓展呈规律性变化，景观破碎度自市中心向外逐渐减小，二环内破碎度高达 183.50。基于研究结果，建议北京市在城市森林建设中加强对中小斑块的资源整合，增建口袋公园；加强道路河流防护林建设，用以连接城区公园休闲林和城市郊野游憩林等大型斑块，同时加强南部城区公园建设；加强城市森林整体空间调控，对三环内老城区进行补植，对三环以外城市森林优化经营技术，提高整体城市森林覆盖度和质量。

关键词：城市森林，景观格局，遥感，北京主城区，空间优化

中图分类号：S718.55　文献标识码：A

DOI：10.11931/guihaia.gxzw201803039

Landscape pattern analysis of urban forest in central Beijing

TONG Jihong，WANG Xinjie*, WANG Jin, FU Feng

（*Key Laboratory of Forest Cultivation and Conservation Ministry of Education*（*Beijing Forestry University*），Beijing100083，China）

Abstract：Urban forest is one of the most important ecological development in the urban area of a city. Taking the urban forest in central Beijing as research object, divided it into four types of urban forest according to its ecological service function，including subordinated landscaping forest，road river shelter-forest，city park leisure forest and suburban recreation forest. Extracting four types of urban forest using object oriented method and transformed into thematic maps based on GF-2 high-resolution images on September 16, 2016. Then analyzed the number of patches, patch constitution, fragmentation index, Simpson's diversity index, Simpson's dominance index and aggregation index with Fragstats4.2 software. The results suggested superiority of high resolution remote sensing data, about 32.35 % area of central Beijing are covered by urban forests with 27,494 patches and total area being 22,514.79 ha, about 13.62 % of all patches are large patches with area being 73.20 %. unbalanced and irrational distribution on different

收稿日期：2018-03-24

基金项目：国家重点研发计划"东北天然次生林抚育更新技术研究与示范"（2017YFC050410101）；中央高校基本科研业务费专项资金资助（BLJD200907、JD2010-2）。[Supported by the National Key R & D Program" Northeast natural secondary forest tending updated technology research and demonstration"(2017YFC050410101); Central Fundamental Research Funds for Colleges and Universities(BLJD200907、JD2010-2)]

第一作者简介：佟济宏（1991－），女，吉林长春人，硕士研究生，主要从事林业遥感与3S技术综合应用研究。(E-mail) tongjihong1206@163.com。

*通信作者：王新杰，博士，教授，主要从事林业遥感与3S技术综合应用研究。(E-mail)xinjiew@bjfu.edu.cn。

positions and rings, subordinated forest and road river shelter-forest are the dominant landscapes, however, with high fragmented landscape and low aggregation index, the other two kinds of landscapes take small proportion especially poor in south Beijing. Besides The fragmentation level reduces from second ring road to fifth ring road, with the highest fragmentation pattern in second ring about 183.50. Based on these results, suggestions are promoted as follows, making full use of small patches and build pocket park, strengthening the construction of road river shelter-forest in order to connect city park forest and suburban recreation forest, increasing urban forest coverage within the third ring road and improving the quality of urban forest outside the third ring road.

Key words：urban forest，landscape pattern，remote sensing，central Beijing，space optimization

目前，城市森林尚未有统一定义，多数学者认同城市森林有别于城市绿地，其应以乔木为主体面积>0.5 hm^2，林木树冠覆盖度在10 %~30 %以上，是城市和森林的有机结合（刘常富，2003）。城市森林作为城市绿肺，在美化环境、保持水土、涵养水源等方面发挥重要作用，是城市生态文明建设的重要组成部分(Kendal，2014；王成，2016)。作为首都，北京的生态文明建设在全国范围内起模范带头作用，2017年9月出台《北京城市总体规划（2016年-2035年）》，对北京市域绿色空间结构做出明确规划。优化北京市城市森林景观格局对健全市域绿色空间体系，建设国际一流的和谐宜居之都具有重要意义。

目前，“3S”技术已成为研究城市景观格局的重要手段(王野，2014)。Frank & Palmer（1999）以Landsat TM影像为数据源，分析了南非东角大河流域的景观异质性变化。我国学者付刚等（2017）用TM影像分析了北京市近二十年景观破碎度；江旻（2013）、陈阳等（2015）采用遥感技术手段对城市绿地景观格局进行研究；王原（2006）、李志华等（2017）对研究了安徽、深圳城市森林景观格局并提出优化对策。综合来看，学者们针对北京市城市森林景观格局的研究相对较少。并且当前对城市森林景观格局的研究多以TM影像为数据源，分辨率偏低。

本文旨在利用具有更高分辨率的GF-2遥感影像，依据城市森林的景观和生态功能，结合北京市主城区城市森林现状将其划分为不同景观类型，分别对不同类型城市森林特征，城市森林斑块构成特征，不同环区、方位城市森林景观格局特征进行定量研究，揭示北京市城市森林建设现状及存在问题并提出优化建议。

1　研究区及数据来源

本文以北京市五环内为研究区，涵盖核心区东城和西城，以及功能拓展区海淀、朝阳、丰台、石景山的一部分，面积为652.20平方公里。

遥感数据源选用2016年9月16日GF-2卫星遥感影像，数据级别为传感器校正级，无云、无噪声、无偏色。GF-2影像有4个空间分辨率为2 m的多光谱波段和1个空间分辨率为0.80 m的全色波段。实地调查获取主城区内各大公园、居住区、道路和河流等周边的林地位置、面积、现有植被组成、郁闭度和立地条件等相关数据。辅助数据为北京市1:10000地形图和NASA Socio-Economic Data and Application Center的Global Human Influence Index Dataset数据（http://dx.doi.org/10.7927/H4BP00QC）。

2　研究内容及方法

2.1　城市森林景观类型的确定

目前，我国尚没有关于城市森林类型划分的明确定义。本文参考何兴元等划分城市森林的依据

和原则，从城市森林的景观和生态功能出发，结合北京市城市性质和当前城市森林建设现状，将五环内城市森林划分为附属庭院美化林、道路河流防护林、城区公园休闲林、城市郊野游憩林等四个城市森林类型(何兴元等，2004)。

（1）附属庭院美化林是以美化庭院功能为主，兼顾杀菌防病、改善环境卫生和小气候条件，分布在城市居住区、企事业单位、北京高校等建筑物附近，林木覆盖率在10%~30%的城市森林。

（2）道路河流防护林是以防尘减噪、保障交通安全等防护功能为主，兼顾美化市容、减弱城市热岛效应，分布在各级道路、河流两侧的行道树、分隔带等，林木覆盖率在30%以上，宽度不小于3m的城市森林。

（3）城区公园休闲林是以园林景观营造等方式为居民提供户外休闲空间，兼顾水土保持、减弱城市热岛等功能，分布在包括历史名园、综合公园和社区公园等各类城区公园内，林木覆盖率在30 %以上的城市森林。

（4）城市郊野游憩林是以满足多元的公众游憩需求和城市绿化隔离功能为主，分布在四环和五环附近，分布在原有防护林、苗圃以及在此基础上经过改造而成的郊野公园内部，林木覆盖率在30 %以上的城市森林。

2.2 遥感图像处理及城市森林信息提取方法

由于传感器的外在因素易导致遥感影像在成像过程中发生畸变和形变，因此首先基于ENVI5.3软件对GF-2影像进行包括辐射校正、几何校正、直方图匹配、灰度调节、镶嵌及云去除和图像融合等处理工作，进而根据研究区范围对图像进行裁剪和拼接。最后在图像预处理结果的基础上，采用面向对象影像分类技术对北京市不同类型城市森林进行信息提取(陈阳等，2015)，同时结合实地调查数据，对北京城市森林进行分类及精度验证。

2.3 城市森林景观格局分析方法

2.3.1 斑块构成

不同面积等级的斑块具有不同的生态功能，结合北京城市森林现状特点，依据面积大小将其划分为5个等级：0.1 hm^2以下为小型斑块，0.1~0.4 hm^2为中小型斑块，0.4 ~1 hm^2为中型斑块，1 ~10 hm^2为大型斑块，10 hm^2以上为特大型斑块(李洋，2010)。结合人类影响因子分布图，采用叠加分析法分析在不同人类影响强度下，北京市城市森林斑块等级的分布特征。

2.3.2 城市森林景观格局指数的选取

景观格局指数能够高度浓缩景观格局信息，反映其结构组成和空间配置特征的简单定量指标(Schumaker N H，1996)。本文选取的景观指数如下：

（1）斑块密度（PD）：$PD=\dfrac{N_P}{A}$

式中，N_P为某景观要素总数；A为景观总面积。

（2）分维数（FRAC）：$F=\dfrac{2log_2(E_i/4)}{log_2(A_i)}$

式中，E_i为某景观要素斑块周长；A_i为某景观要素斑块面积。

（3）辛普森多样性指数（SIDI）：$H=1-\sum_{i=1}^{n}P_i^2$

式中，P_i为某景观要素所占斑块总面积的比例。

（4）辛普森均匀度指数（SIEI）： $E=\frac{H}{1-\left(\frac{1}{n}\right)}$

式中，H 为辛普森多样性指数；n 为景观要素类型总数。

（5）聚合度指数（AI）： $AI=\left[\frac{gii}{\max gii}\right]\times 100$

式中，g_{ii} 为某景观类型像元之间节点数；$\max g_{ii}$ 为某景观类型像元之间最大节点数。

将北京市主城区沿二环~五环路划分为四个环区，沿中轴线方向和长安街方向划分为四个方位，运用 Fragstats4.2 软件对不同环区、不同方位的城市森林景观指数进行分析。

3　结果与分析

3.1　城市森林类型特征及分析

采用面向对象法提取北京市五环内城市森林信息，经验证分类的总体精度为 90.36%>85%，Kappa 系数为 0.88>0.8，得到可靠的分类数据（张安定，2016；岳瑞红，2010）。据统计，北京市五环内城市森林共 27 494 个斑块，总面积 22 514.79 hm²，总体林木覆盖率为 32.35%（表 1）。附属庭院美化林共 14 000 个斑块，占林地斑块总数 49.32%，面积 13 011.66 hm²，占林地总面积 57.79%。其面积和数量比重均最大，零散并均匀分布在五环内建筑周围，呈碎小块状。道路河流防护林的斑块面积仅次于附属庭院美化林，总面积 4 663.17 hm²，占林地总面积 20.71%。城市郊野游憩林总面积 3 196.11 hm²，占林地总面积 14.20%，其在五环内分布南多北少（图 1），原因可能是南部城镇化进程较慢，大面积人工绿色隔离防护林保留完整。城区公园休闲林面积占比最少为 1 643.85 hm²，占林地总面积 7.30%，其分布面积呈现北多南少，南城城区公园休闲林总面积仅 386.82 hm²，不到北城的 1/3，说明南城（丰台，大兴）的城区公园建设相对薄弱。此结果与吴丽娟（2006）对各城市森林类型特征的研究结果相似，但本文增加了城市郊野休闲林景观类型，该类型随着近几年北京、上海等一线城市不断扩张而形成，不仅可以保护城郊环境，防止城市无序扩张，还能为城市居民提供游憩空间。

表 1 北京五环内城市森林类型组成

Table.1 The type composition of urban forest within the fifth ring in Beijing

森林类型 Forest type	数量 Number	百分比 Percentage（%）	面积 Area（hm²）	百分比 Percentage（%）	平均斑块面积（hm²）Average patch area
附属庭院美化林 Subordinated landscaping forest	1 4000	49.32	13 011.66	57.79	0.93
道路河流防护林 Road river shelter-forest	1 3415	47.26	4 663.17	20.71	0.35
城区公园休闲林 City park leisure forest	342	1.20	1 643.85	7.30	4.81
城市郊野游憩林 Suburban recreation forest	639	2.25	3 196.11	14.20	5.00
总计 Total	2 7494	100.00	22 514.79	100.00	0.79

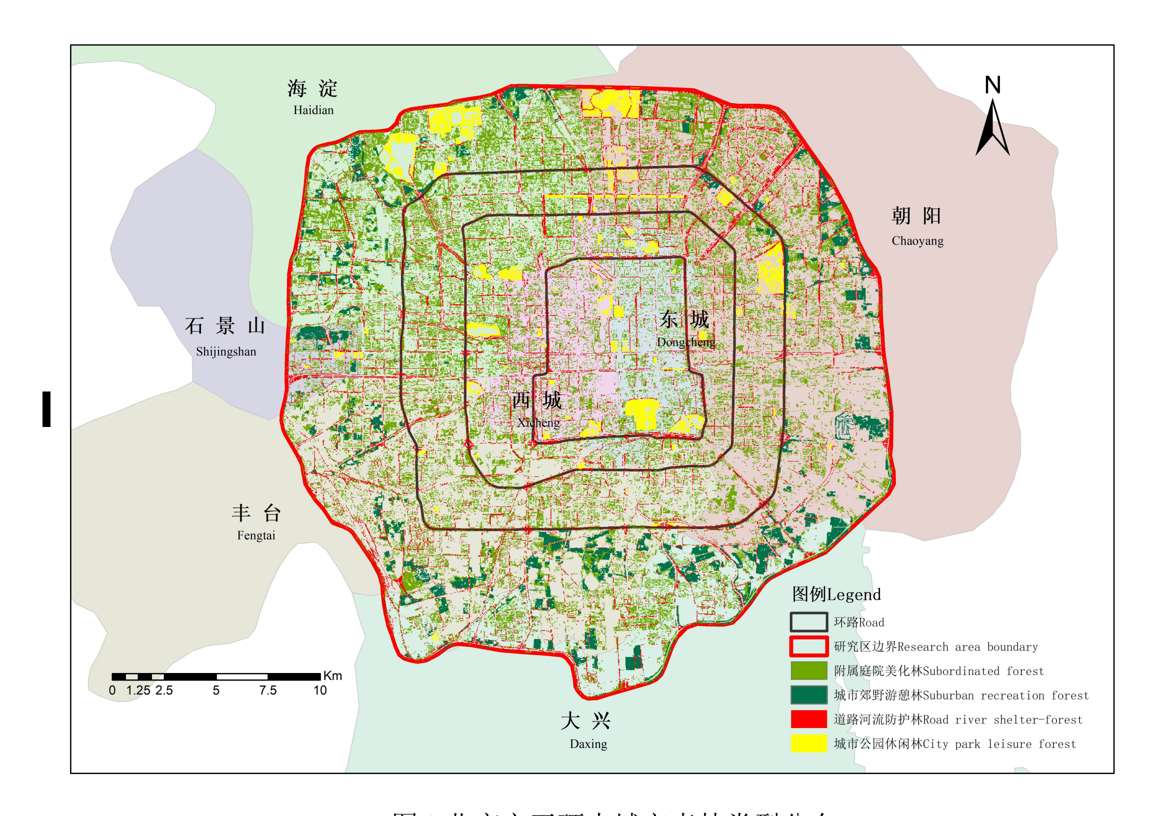


图 1 北京市五环内城市森林类型分布

Fig.1 The type distribution of urban forest within the fifth ring in Beijing

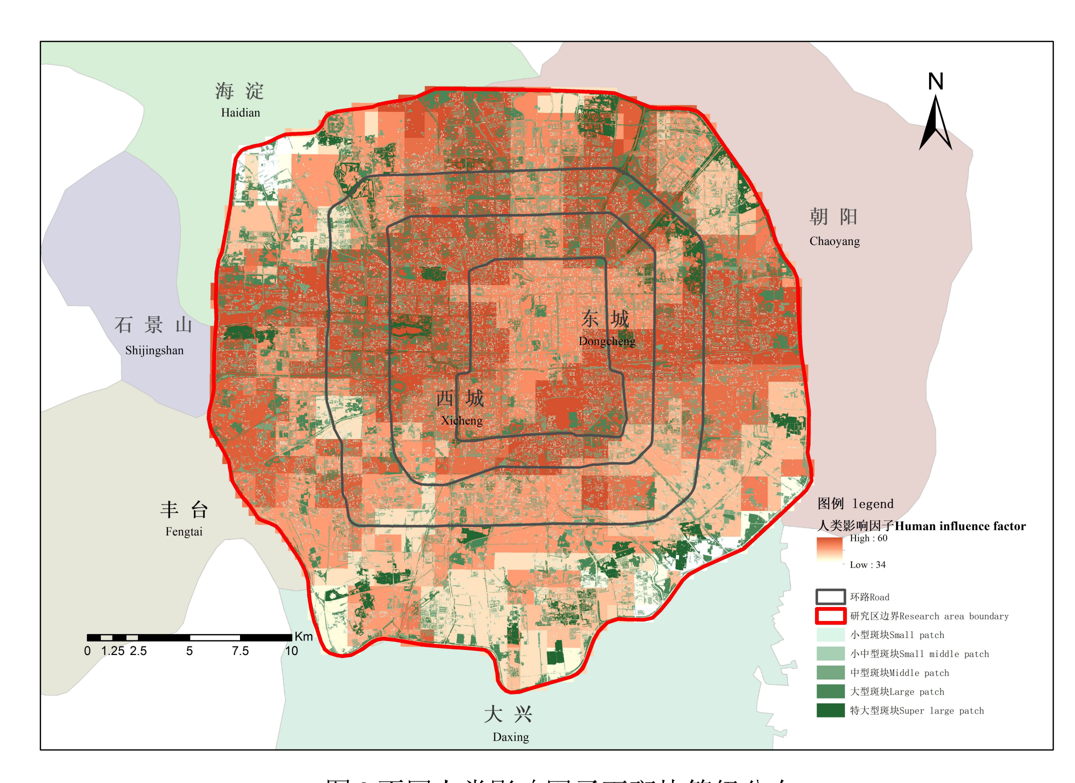


图 2 不同人类影响因子下斑块等级分布

Fig.2 The patch distribution of urban forest within the fifth ring in Beijing

3.2 城市森林景观格局特征及分析

3.2.1 斑块构成分析

北京市五环内小型、中小型城市森林共 19138 个斑块，占斑块总数 69.61%，面积占 13.73%；大型、特大型斑块共 3745 个，占斑块总数 13.62%，面积占比 73.20%（表 2）。此结论和王娟等（2010）的研究结论相似，说明北京市城市森林的大型、超大型斑块是发挥生态功能的主体。除天坛公园、玉渊潭公园等历史名园外，大型、超大型斑块主要分布在四环外人类影响因子较低的地区，说明受人类活动影响，老城区城市森林破坏程度严重（图 2）。

表 2 北京五环内城市森林斑块等级

Table.2 Patch classification of urban forest within the fifth ring in Beijing

斑块等级 Patch class	数量 Number（个）	百分比 Percentage（%）	面积 Area（hm^2）	百分比 Percentage（%）
小型斑块 Small patch	9 980	36.30	898.20	3.99
小中型斑块 Small middle patch	9 158	33.31	2 192.04	9.74
中型斑块 Middle patch	4 611	16.77	2 943.27	13.07
大型斑块 Large patch	3 446	12.53	9 315.45	41.37
特大型斑块 Luper large patch	299	1.09	7 165.83	31.83
总计 Total	27 494	100	22 514.79	100

3.2.2 城市森林景观格局分析

北京市五环内城市森林破碎程度自二环~五环依次减弱，二环破碎程度最大，PD 值高达 183.50，说明中心城区建设用地的增加对城市森林景观影响较大（付刚，2017）；SIDI 和 SIEI 从二环~四环依次递减，但在五环剧增到最大值，分别为 0.63 和 0.84，原因可能是四环~五环增加了城市郊野游憩林景观类型，同时存在圆明园、奥体等大型城市综合公园，导致景观多样性升高；AI 自二环~五环逐渐增大，四环~五环达最大值 57.90%，景观聚合度最大，原因可能是此地区有大量大面积人工防护林分布；FRAC 在各环区差异不大，均在 1.57 左右，说明不同环区斑块形状复杂程度差异不明显（表 3）。

表 3 北京市五环内不同环区城市森林景观指数

Table.3 The landscape indices of urban forest in different rings in Beijing

环区 Ring	密度 PD	分维数 FRAC	多样性 SIDI	均匀度 SIEI	聚合度 AI
二环 2 ring	183.50	1.55	0.59	0.88	47.66
二环至三环 2-3 ring	153.11	1.56	0.49	0.73	48.77
三环至四环 3-4 ring	138.28	1.57	0.47	0.62	50.32
四环至五环 4-5 ring	110.63	1.59	0.63	0.84	57.90

从不同城市森林类型来看，附属庭院美化林和道路河流防护林为优势景观类型。附属庭院美化林的 PD 和 FRAC 值均最大，其景观破碎度最大，斑块形状最复杂；道路防护林聚合度最低，AI 值均在 40%左右，说明道路河流防护林斑块分布最分散；城区公园休闲林的 PD 值在不同环区均为最小，同时 AI 值最大，二环内 AI 值高达 79.65%，毛小岗（2012）在研究北京市城市公园分布格局时得出相似结论，原因可能是二环内存在天坛、景山等大型历史名园；城市郊野游憩林聚合度相对

较高，破碎度较低，各项景观参数与城区公园休闲林相似。城市郊野游憩林和城区公园休闲林的FRAC值均在1.50以下，斑块形状相对规则（表4）。

表4 北京市五环内不同环区各城市森林类型景观指数

Table.4 The landscape indices of different types of urban forest within fifth ring in Beijing

环区 Ring	森林类型 Forest type	斑块面积（hm^2）Patch area	构成比例（%）Scales	密度 PD	分维数 FRAC	聚合度 AI
二环 2 ring	附属庭院美化林 Subordinated landscaping forest	976.23	56.42	124.55	1.56	41.73
	道路河流防护林 Road river shelter-forest	383.94	22.19	54.10	1.53	40.92
	城区公园休闲林 City park leisure forest	370.08	21.39	4.85	1.47	79.65
二环至三环 2-3 ring	附属庭院美化林 Subordinated landscaping forest	1 963.44	66.39	94.85	1.58	48.01
	道路河流防护林 Road river shelter-forest	746.64	25.25	56.98	1.55	41.50
	城区公园休闲林 City park leisure forest	247.23	8.36	1.29	1.48	76.79
三环至四环 3-4 ring	附属庭院美化林 Subordinated landscaping forest	3 108.51	68.95	82.76	1.58	51.00
	道路河流防护林 Road river shelter-forest	1 019.79	22.62	53.26	1.57	39.36
	城区公园休闲林 City park leisure forest	323.73	7.18	1.82	1.46	73.52
四环至五环 4-5 ring	附属庭院美化林 Subordinated landscaping forest	6 963.48	53.24	64.17	1.56	53.25
	道路河流防护林 Road river shelter-forest	2 512.80	19.21	50.59	1.59	40.77
	城区公园休闲林 City park leisure forest	702.81	5.37	0.98	1.48	79.28
	城市郊野游憩林 Suburban recreation forest	2 899.80	22.17	4.89	1.37	78.71

从不同方位看，北京市五环内南部城市森林破碎度高于北部，西南区PD值最大，高达155.92，说明城市化进行中的丰台区未能保护好生态空间；北部地区聚合度高于南部，西北地区AI值最大，高达57.04%，岳德鹏等（2003）在研究北京西北地区景观格局优化时也得出相似结果，可能的原因是海淀区颐和园、圆明园和高校校园等大型城市森林斑块居多，提升了西北地区景观聚集度，景观多样性和均匀度呈现东西差异，东部高于西部，原因可能是西城区公园数量多，大型斑块主导优势明显；不同环区和方位上的FRAC值无明显差异，均在1.55左右（表5）。

表5 北京市五环内不同方位城市森林景观指数

Table.5 The landscape indices of urban forest within fifth ring in Beijing

方位 Position	面积 Area（hm^2）	密度 PD	分维数 FRAC	多样性 SIDI	均匀度 SIEI	聚合度 AI
东北 Northeast	5 041.71	114.68	1.56	0.61	0.82	54.63
西北 Northwest	6 876.81	106.46	1.55	0.55	0.74	57.04
东南 Southeast	4 219.29	137.18	1.54	0.62	0.83	54.78
西南 Southwest	6 132.69	155.92	1.53	0.57	0.76	51.52

4 结论与建议

本文基于GF-2影像提取北京市五环内城市森林信息，经验证分类的总体精度为

90.36%，Kappa 系数为 0.88，说明高分影像在城市森林信息提取上具有优势。基于此，对北京市城市森林景观格局现状进行定量分析，并结合《北京城市总体规划（2016 年-2035 年）》提出优化建议，具体结论和建议如下。

北京市五环内城市森林总面积 22 514.79 hm^2，总体林木覆盖率为 32.35%。城市森林斑块分布不均，大型、特大型斑块数量占斑块总数比例 13.62%，但面积占比高达 73.20%，多分布在外环地区，老城区内分布较少。规划中提出“加强城市修补，创造优良人居环境”，但当前中小斑块城市森林分布零散，其生态价值有待挖掘。因此建议在城市拓展中，一方面加强对大型、特大型城市森林斑块的保护，保障城市生态空间，另一方面加强中小斑块的资源整合，逐步打开封闭小区和单位大院，增建口袋公园(陈婷婷等，2017；刘信和居阅时，2017)，尤其在海淀东南部、朝阳西部等人类影响因子高的城区，为创造良好人居环境奠定基础。

不同城市森林类型特征存在差异，附属庭院美化林和道路河流防护林为优势景观类型，面积占比分别为 57.79%和 20.71%，但两者破碎度高，聚合度差，分布零散。二环内附属庭院美化林的破碎度高达 124.55，道路河流防护林在各环的聚合度均在 40%左右。城区公园休闲林和城市郊野游憩林面积占比相对较小，仅占研究区总面积的 21.50%，南部（丰台，大兴）城区公园建设薄弱，南部城区公园休闲林总面积仅 386.82hm^2，不到北城的 1/3。由此可知，市域绿色空间布局中提到“三环”的第二道绿隔郊野公园环建设相对薄弱，建议加强城市郊野游憩林的建设，尤其在南部丰台、大兴等地区，将原有防护林和苗圃改造为郊野公园，可以增大南部市民的游憩空间，保护城郊环境，防止城市无序扩张(田园和王树栋，2013)。同时，规划提出“构建由公园和绿道相互交织的游憩绿地体系”，因此可以通过加强道路河流防护林建设，完善主城区道路河流林网体系，连接城区公园休闲林和城市郊野游憩林等大型斑块，最大程度发挥城市森林生态价值。

城市森林随城市拓展呈现规律性变化，景观破碎度自市中心向外逐渐减小。在三环以内人类影响因子相对较大的地区，其景观破碎程度也较大，二环内破碎度高达 183.50；在四环和五环等地区人类影响因子较小，其景观破碎度也相对较小，四环~五环的破碎度仅为 110.63。规划中提出“建设森林城市，提高全市森林覆盖度”，因此，建议加强城市森林的整体空间调控，三环内坚持“留白增绿”，采取见缝插绿、立体绿化等方式进行补植；三环以外城市森林采用优化经营技术，整体提高城市森林覆盖度和质量，促进城市和森林的和谐有序发展。

参考文献

CHEN TT，WANG DW，SHI FC，et al，2017. China's pocket park research and application status[J]. Chin Hortic Abstr，33(2)：81-83. [陈婷婷，王东玮，施富超，等，2017. 我国口袋公园研究及应用现状[J]. 中国园艺文摘，33(2)：81-83.]

CHEN Y，ZHAO J，CHEN YY，2015. ENVI based urban green space information extraction with high resolution remote sensing data[J]. Eng Surv Mapp，(4)：33-36. [陈阳，赵俊三，陈应跃，2015. 基于 ENVI 的高分辨率遥感影像城市绿地信息提取研究[J]. 测绘工程，(4)：33-36.]

FU G，XIAO NW，QIAO MP，et al，2017. Spatial-temporal changes of landscape fragmentation patterns in Beijing in the last two dacades[J]. Acta Ecol Sin，38(8)：2551-2562. [付刚，肖能文，乔梦萍，等，2017. 北京市近二十年景观破碎化格局的时空变化[J]. 生态学报，38(8)：2551-2562.]

HE XY，LIU CF，CHEN W，et al，2004 Urban forest classification[J]. Chin J Ecol，23(5)：175-178. [何兴元，刘常富，陈玮，等，2004. 城市森林分类探讨[J]. 生态学杂志，23(5)：175-178.]

JIANG M，2013. Urban greenland landscape analysis based on object-oriented remote sensing image information extraction technology[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University:25-32. [江旻，2013. 基于面向对象遥感影像信息提取技术的城市绿地景观分析[D]. 福州：福建农林大学：25-32.]

KENDAL D，DOBBS C，LOHR V I，2014. Global patterns of diversity in the urban forest: is there

evidence to support the 10/20/30 rule[J]. Urban For Urban Gree，13(3)：411-417.

LI Y，2010. The classification and Character analysis of urban forest in the downtown of Chongqing[D]. Chongqing：Southwest University：28-42. [李洋，2010. 重庆市主城区城市森林分类及特征分析[D].重庆：西南大学：28-42.]

LI ZH，LIU XH，ZHANG ZC，et al，2017. Forest landscape pattern analysis and development countermeasures in Shenzhen city [J]. J Chin Urban For，（6）：23-28. [李志华, 刘锡辉, 张智昌, 等, 2017. 深圳市森林景观格局分析与发展对策[J]. 中国城市林业，(6)：23-28.]

LIU CF，LI HM，HE XY，et al，2003. Concept discussion and analysis of urban forest[J]. Chin J Ecol，22(5)：146-149. [刘常富，李海梅，何兴元，等，2003. 城市森林概念探析[J]. 生态学杂志，22(5)：146-149.]

LIU X，JU YS，2017. Study on the condition of service of Shanghai pocket park——take the Jiuzi park as an example[J]. Des，(23)：158-160. [刘信，居阅时，2017. 上海口袋公园使用情况及优化策略研究——以九子公园为例[J]. 设计，(23)：158-160.]

MAO XG，SONG JP，YANG HY，et al，2012. Changes of the spatial pattern of Beijing city parks from 2000 to 2010[J]. Progr Geog，31(10)：1295-1306. [毛小岗，宋金平，杨鸿雁，等，2012. 2000-2010年北京城市公园空间格局变化[J]. 地理科学进展，31(10)：1295-1306.]

SCHUMAKER NH，1996. Using landscape indices to predict habitat connectivity[J].Ecol，77(4)：1210-1225.

TANSE F C，PALMER A R，1999. The application of a remotely-sensed diversity index to monitor degradation patterns in a semi-arid ， heterogeneous ， South African landscape[J]. J Arid Environ，43(4)：477-484.

TIAN Y，WANG SD，2013. Preliminary study on basic features and functions of country parks——taking Jiangfu Park as an example[J]. J Beijing Univ Agric，28(2)：46-49. [田园，王树栋，2013. 郊野公园基本特征与功能初探——以北京将府公园为例[J]. 北京农学院学报，28(2)：46-49.]

WANG C，2016. A community of common environment for city cluster and strategy of urban forest construction in china[J]. J Chin Urban For，14(1)：1-7. [王成，2016. 中国城市生态环境共同体与城市森林建设策略[J]. 中国城市林业，14(1)：1-7.]

WANG J，MA LY，WANG XJ，et al，2010. Landscape pattern of park greenland in Beijing[J]. J Northwest For，25(4)：195-199. [王娟，马履一，王新杰，等，2010. 北京城区公园绿地景观格局研究[J]. 西北林学院学报，25(4)：195-199.]

WANG Y，2006. Landscape pattern analysis and comprehensive assessment of urban forest in three cities along the Changjiang River in Anhui Province[D]. Hefei：Anhui Agricultural University：32-41. [王原，2006. 安徽沿江三城市城市森林景观格局分析与综合评价[D].合肥：安徽农业大学：32-41.]

WANG Y，2014. Resarch on urban green surveying based on ZY-3 satellite[J]. Eng Surv Mapp，23(7)：65-67.[王野，2014. 基于资源三号卫星影像的城市绿地信息提取方法探讨[J]. 测绘工程，23(7)：65-67.]

WU LJ，ZHOU L，WANG XJ，et al，2007. Landscape diversity analysis of beijing urban greenland system[J]. J Beijing For，29(2)：88-93. [吴丽娟，周亮，王新杰，等，2007. 北京城市绿地系统景观多样性分析[J]. 北京林业大学学报，29(2)：88-93.]

YUE DP，WANG JP，LIU YB，et al，2009. Landscape pattern optimization in northwest China[J]. Acta Geogr Sin，19(3)：1223-1231. [岳德鹏，王计平，刘永兵，等，2009. 北京西北地区景观格局优化[J]. 地理学报，19(3)：1223-1231.]

YUE RH，2010. Mongolian plateau land classification based on MODIS data[D]. Inner Mongolia：Inner Mongolia Teaching University：36-39. [岳瑞红，2010. 基于 MODIS 数据的蒙古高原土地覆盖分类

研究[D]. 内蒙古：内蒙古师范大学：36-39.]
ZHANG AD，2016. Remote sensing principle and application solution[M]. Beijing：Science Press：38-45.[张安定，2016.遥感原理与应用题解[M]. 北京：科学出版社：38-45.]